

【書類名】 明細書

【発明の名称】 導電性に優れるチタン銅及びその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】 Tiを3～4mass%含有し、残部Cuおよび不可避免的な不純物からなる銅合金であり、圧延方向に直角な断面で観察されるCu-Ti金属間化合物相の面積率（以下S（%）とする）およびTi含有量（以下[Ti]（mass%）とする）が、 $S(\%) \geq 8.1 \times [Ti](\text{mass}\%) - 17.7$ なる関係にあることを特徴とする高強度で導電性に優れるチタン銅。

【請求項2】 導電率が16%IACS以上、0.2%耐力が800MPa以上であることを特徴とする請求項1に記載のチタン銅。

【請求項3】 鋳塊の熱間圧延、冷間圧延、溶体化処理、冷間圧延、時効処理を順次行なうチタン銅の製造方法において、①時効前の冷間圧延加工度を15%以上、②時効温度を350℃以上、450℃以下、③時効時間を5h以上、20h以下、④時効後の時効温度から300℃までの平均冷却速度を50℃/h以下、とすることを特徴とする、請求項1および2に記載の高強度で導電性に優れるチタン銅の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、導電性に優れるチタン銅に関する。

【0002】

【従来の技術】

電子機器の小型化、軽量化に伴ない、コネクタ等の電気・電子部品の小型化、軽量化が進んでいる。コネクタが、薄肉化、狭ピッチ化するとコンタクトの断面積は減少するため、断面積減少による接圧と導電性の低下を補うためには、コンタクトに用いられる金属材料には、高い強度と導電率が要求される。

高強度の銅合金として、近年、時効硬化型の銅合金の使用量が増加している。溶体化処理された過飽和固溶体を時効処理することにより、微細な析出物を合金

中に均一に分散させ、合金の強度を高めている。

【0003】

時効硬化型銅合金のなかでも、J I S C 1 9 9 0 に代表される T i を含有する銅合金（以下、チタン銅）は、高い機械的強度と優れた曲げ加工性を有するため、電子機器の各種端子、コネクタとして広く使用されている。

チタン銅と同じく時効硬化型の高強度銅合金として高ベリリウム銅（J I S C 1 7 2 0）がある。チタン銅は、高ベリリウム銅と比較して、強度は同等であり、耐応力緩和特性に優れるため、例えばバーンインソケットなどの耐熱性が要求される用途の素材としては、高ベリリウム銅よりチタン銅のほうが適している。（たとえば特許文献 1、2 参照。）

【0004】

【特許文献 1】

特開平 7 - 2 5 8 8 0 3 号公報

【特許文献 2】

特開 2 0 0 2 - 3 5 6 7 2 6 号公報

【0005】

【発明が解決しようとしている課題】

しかしながら、特許文献 1 では、曲げ加工性と応力緩和特性に優れたチタン銅を提案しているが、その場合の導電率は最大で 1 5 % I A C S 程度であり、特許文献 2 では、チタン銅の強度と曲げ加工性の両立はされるものの、得られる導電率は最大で 1 5 % I A C S 程度である。このように従来のチタン銅の導電率は、最大でも 1 5 % I A C S であり、高ベリリウム銅の導電率（2 0 % I A C S）よりも劣る。このことが、高導電率を求められる用途において、高ベリリウム銅の代わりにチタン銅を用いる際の障害となっていた。高ベリリウム銅並の導電率を得ることができれば、より応力緩和特性に優れ安価なチタン銅を使用することができる。

本発明の目的は、チタン銅の導電率を、強度を低下させることなく、改善することである。

【0006】

【課題を解決するための手段】

発明者らは、高強度で、導電性に優れるチタン銅を提供することを目的として鋭意研究した結果、Cu-Ti 金属間化合物相の析出量を最適範囲に調整することにより、所望の導電率と強度を得ることができた。

すなわち、本発明は

(1) Ti を 3 ～ 4 mass % 含有し、残部 Cu および不可避的不純物からなる銅合金であり、圧延方向に直角な断面で観察される Cu-Ti 金属間化合物相の面積率（以下 S (%) とする）および Ti 含有量（以下 [Ti] (mass %) とする）が、 $S(\%) \geq 8.1 \times [Ti](\text{mass}\%) - 17.7$ なる関係にあることを特徴とする、高強度で導電性に優れるチタン銅、

(2) Ti を 3 ～ 4 mass % 含有し、残部 Cu および不可避的不純物からなる銅合金であり、導電率が 16 % IACS 以上、0.2 % 耐力が 800 MPa 以上であることを特徴とする、上記(1)に記載の高強度で導電性に優れるチタン銅、

(3) 鋳塊の熱間圧延、冷間圧延、溶体化処理、冷間圧延、時効処理を順次行なうチタン銅の製造方法において、①時効前の冷間圧延加工度を 15 % 以上、②時効温度を 350 °C 以上、450 °C 以下、③時効時間を 5 h 以上、20 h 以下、④時効後の時効温度から 300 °C までの平均冷却速度を 50 °C/h 以下、とすることを特徴とする、請求項 1 および 2 に記載の高強度で導電性に優れるチタン銅の製造方法、

である。

【0007】

【発明の実施の形態】

以下に本発明の限定の理由を説明する。

(1) 導電率および 0.2 % 耐力

導電率を高めると、コネクタとして使用する際に、接点での接触電気抵抗、通電に伴う発熱量が減少する。導電率が 16 % IACS 以上になると、接触電気抵抗、発熱量が、高ベリリウム銅と同レベルになる。そこで、導電率を 16 % IACS

以上に規定する。より好ましい導電率は、20% IACS以上である。

0.2%耐力が低くなると、コネクタとして使用する際に、接点での接圧が低下し、接触電気抵抗が増大する。0.2%耐力が800MPa未満になると、導電率を16% IACS以上に調整しても、高ベリリウム銅と同レベルの接触電気抵抗が得られないため、0.2%耐力を800MPa以上に規定する。

【0008】

(2) チタン濃度

チタン銅合金を時効処理すると、スピノーダル分解を起こして母材中にチタン濃度の変調構造が生成し、これにより非常に高い強度が得られる。チタン含有量が2.5mass%未満の場合、後述する16% IACS以上の導電率を得るための時効処理を行った際に、800MPa以上の耐力が得られない。一方、チタン含有量が4.5mass%を超えると、圧延の際に割れが発生するなど製造性が著しく悪化するばかりでなく、時効条件を調整しても16% IACS以上の導電率を得ることが困難となる。そこで、チタン含有量を2.5～4.5mass%とする。

【0009】

(3) Cu-Ti金属間化合物相の面積率

Cu中に溶質元素が固溶すると導電率は低下し、なかでもTiは導電率を著しく低下させる元素の一つであることが知られている(G. Ghosh、J. Miyake、M. E. Fine、JOM、vol. 49、No. 3、March、1997、p. 56-60)。チタン銅の導電率を上昇させる為には、Tiを充分に析出させることにより固溶Ti量を極力減少させることが重要である。すなわち、Cu-Ti金属間化合物相の量を増やせば導電率は上昇する。また、微細なCu-Ti金属間化合物相を析出させることで、材料の高強度化も図れる。

本発明者等は圧延方向に直角な断面で観察されるCu-Ti金属間化合物相の面積率をS(%)、Ti含有量を[Ti](mass%)としたときに、

$$S(\%) \geq 8.1 \times [Ti](mass\%) - 17.7$$

なる関係を満たせば、16% IACSを超える導電率が得られることを見出した。

さらに、 $S(\%)$ と $[Ti](mass\%)$ の関係が

$$S(\%) \geq 8.1 \times [Ti](mass\%) - 12.7$$

を満たす場合には、20%IACS以上の導電率が得られることも知見した。

【0010】

(4) 時効条件

$S(\%) \geq 8.1 \times [Ti](mass\%) - 17.7$ を満足するように、Cu-Ti金属間化合物相の析出量を調整するためには、熱間圧延、冷間圧延、溶体化処理、冷間圧延、時効処理と順次行なわれるチタン銅の製造工程において、適切な時効条件を選択することが重要である。 $S(\%)$ を大きくするためには、時効条件を次のように調整すればよい。

①時効温度を高くする。ただし、450℃を時効温度の上限とする。

②時効時間を長くする。

③時効時の冷却速度を遅くする。この場合、300℃以上の温度範囲における冷却速度が重要である。

④時効前の冷間圧延加工度を高くする。冷間圧延で導入された歪により、Cu-Ti金属間化合物相の析出速度が大きくなる。

【0011】

一方、時効中にCu-Ti金属間化合物相が粗大化すると、0.2%耐力が低下する。上記①および②の方策は、Cu-Ti金属間化合物相の粗大化を伴う。したがって、時効温度および時間は、Cu-Ti金属間化合物相がそれほど粗大化しない範囲（0.2%耐力が800MPaを下回らない範囲）で調整しなければならない。しかし、上記③の方策では、Cu-Ti金属間化合物相の粗大化は生じない。この場合、 $S(\%)$ の調整のみに留意すればよい。

上記③、④の方策は、本発明で新たに見出されたものであり、①、②、③および④の方策を組み合わせることにより、導電率が16%IACS以上であり、かつ0.2%耐力が800MPa以上であるチタン銅を製造することが可能になったのである。より具体的には、

①時効前の冷間加工度を15%以上、

②時効温度を350℃以上、450℃以下、

③時効時間を5h以上、20h以下、

④時効後の時効温度から300℃までの平均冷却速度を50℃/h以下とすることで、導電率が16%IACS以上であり、0.2%耐力が800MPa以上であるチタン銅を製造することが可能になったのである。

【0012】

【実施例】

電気銅を原料として、高周波真空溶解炉にて表1に示す各種組成のインゴット(幅60mm×厚さ30mm)を铸造し、850℃で8mmまで熱間圧延した後、冷間圧延し、溶体化処理を行なった。溶体化処理では800℃で1minの加熱を行なった後、約1000℃/秒の速度で冷却した。その後、冷間圧延し、時効を行なった。時効前の圧延加工度、時効条件を変化させて、Cu-Ti金属間化合物相の量を変化させた。時効条件として、時効温度、時効時間および冷却速度を変化させた。冷却速度とは、所定の温度および時間で加熱した後の試料の冷却速度であり、試料に熱電対を装着して温度測定を行い、時効温度から300℃まで冷却する間の平均冷却速度を求めた。

このようにして得られた各合金について、0.2%耐力、導電率およびCu-Ti金属間化合物相の面積率を測定した。0.2%耐力については、引張り試験機を用いてJIS Z 2241に準拠して測定した。また、導電率はJIS H 0505に準拠して測定した。

Cu-Ti金属間化合物相の面積率の測定方法を以下に示す。材料の評価面は圧延方向に対し直角な断面である。切り出した試料を#150の耐水研磨紙で研磨した後、粒径40nmのコロイダルシリカを混濁した仕上げ用研磨剤で鏡面研磨し、その後カーボン蒸着した。FE-SEMを用い、2万倍の倍率で500μm²の視野の反射電子像を写真撮影した。その後画像解析装置を用い、この写真上でCu-Ti金属間化合物相の面積率を測定した。測定対象とするCu-Ti金属間化合物相は、面積が $5 \times 10^{-4} \mu\text{m}^2$ 以上のものとした。

【0013】

表1 発明例および比較例

No.	Ti含有量, [Ti] (mass%)	加工度 (%)	時効温度 (°C)	時効時間 (h)	冷却速度 (°C/h)	Cu-Ti相の 面積率, S(%)	導電率 (%IACS)	0.2%耐力 (MPa)	S=8.1[Ti]-17.7 (%)	$\Delta S=S-S'$ (%)
1	4.25	60	380	13	33	22.1	20.1	954	16.7	5.4
2	4.16	35	370	13	28	19.5	17.1	971	16.0	3.5
3	4.28	50	360	10	41	17.5	16.2	998	17.0	0.5
4	3.21	60	380	13	23	14.0	20.5	887	8.3	5.7
5	3.18	30	420	15	49	11.3	17.4	913	8.1	3.2
6	3.24	40	400	8	16	9.2	16.4	921	8.5	0.7
7	2.62	20	450	13	21	10.9	21.2	816	3.5	7.4
8	2.54	35	430	10	35	5.5	17.7	821	2.9	2.6
9	2.57	45	420	10	48	4.5	16.7	824	3.1	1.4
10	4.63	冷間圧延時に割れが発生				—	—	—	—	—
11	2.25	45	420	13	54	2.3	16.5	781	0.5	1.8
12	4.22	5	360	10	37	10.0	11.2	912	16.5	-6.5
13	3.14	60	310	13	25	0.6	6.8	742	7.7	-7.1
14	2.50	20	450	2	19	1.5	14.7	803	2.6	-1.1
15	3.23	30	420	15	1263	3.1	12.5	883	8.5	-5.4
16	3.20	30	420	15	566	5.0	13	875	8.2	-3.2
17	3.25	30	420	15	87	7.6	15.5	861	8.6	-1.0
18	4.31	20	500	13	48	23.5	21.4	744	17.2	6.3
19	2.66	35	480	10	34	12.2	23.0	711	3.8	7.9
20	3.33	40	400	30	56	13.6	18.5	730	9.3	4.3

【0014】

表1からわかるように、本発明例No. 1～9は、いずれも $S(\%) \geq 8.1 \times [Ti](mass\%) - 17.7$ を満たし、16%IACS以上の導電率を有し、また、800MPa以上の0.2%耐力を示している。特に、 $S(\%) \geq 8.1 \times [Ti](mass\%) - 12.7$ を満たす(表1において $\Delta S = S - S' \geq 5$)発明例1、4および7は、導電率が20%IACSを超えている。これら発明例における時効後の冷却速度は50℃/h以下である。

【0015】

一方、比較例10はTi含有量が4.5mass%を超えるため、冷間圧延中に割れが発生し、試験を継続することができなかった。比較例11はTi含有量が2.5mass%未満であるため、16%IACS以上の導電率を得る条件で時効した場合の0.2%耐力が800MPaに満たない。

また、比較例12は時効前の冷間加工度が低く、比較例13は時効温度が低く、比較例14は時効時間が短く、比較例15～17は時効時の冷却速度が速いため、 $S(\%) \geq 8.1 \times [Ti](mass\%) - 17.7$ を満たさず、16%IACS以上の導電率を示さない。また、比較例18～20は $S(\%) \geq 8.1 \times [Ti](mass\%) - 17.7$ を満たし、16%IACS以上の導電率を示すものの、比較例18および19は時効温度が高すぎるため、比較例20は時効時間が長すぎるためにCu-Ti金属間化合物相が粗大化し、0.2%耐力が800MPaに満たない。

【0016】

【発明の効果】

以上の説明で明らかなように、本発明によれば、近年の電子機器の小型化、薄肉化に対応できる、強度および導電率に優れた銅合金を提供できる。

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 本発明は、高強度で高導電率の望まれる用途において、高強度で導電性に優れるチタン銅を提供することを目的としている。

【解決手段】 Ti を $3 \sim 4 \text{ mass\%}$ 含有し、残部 Cu および不可避免の不純物からなる高強度で導電性に優れるチタン銅であり、圧延方向に直角な断面で観察される $Cu-Ti$ 金属間化合物相の面積率（以下 $S (\%)$ とする）および Ti 含有量（以下 $[Ti] (\text{mass\%})$ とする）が、 $S (\%) \geq 8.1 \times [Ti] (\text{mass\%}) - 17.7$ を満たすことを特徴とする。